



# *Sisteme cu MicroProcesoare*

## **Curs 05**

### **Convertorul analog numeric**

**Tiberiu Teodor COCIAȘ**

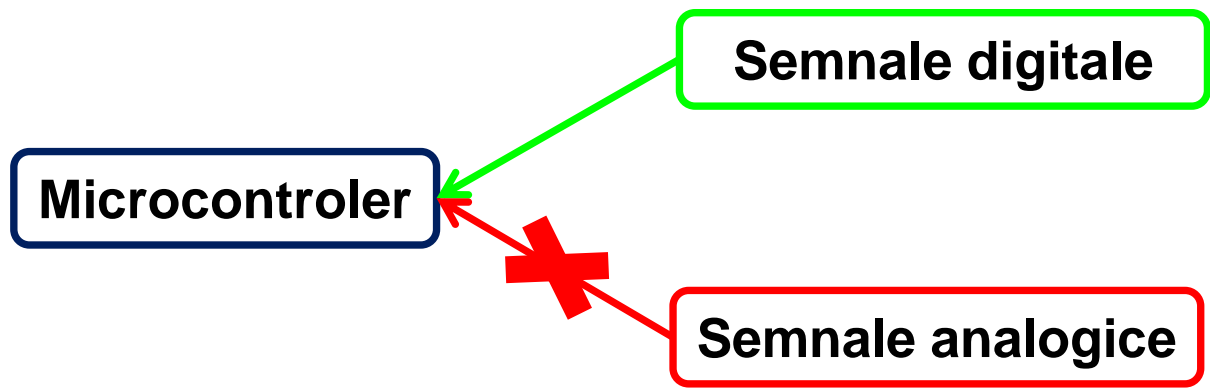


# Cuprins

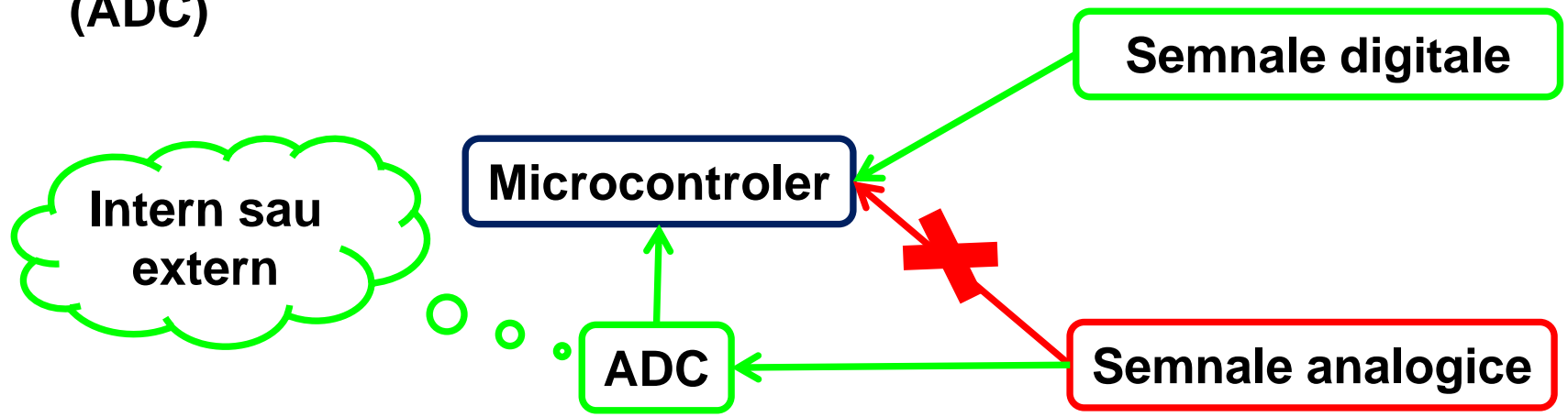
- **Generalității**
- **Principiu de funcționare**
- **Timpul de conversie**
- **Cuantizarea**
- **Rezoluția ADC**
- **Tensiunea de referință**
- **Etapă de eșantionare/reținere**
- **Modalități de implementare**
- **Erori de calcul**
- **Comparator**



# ADC – generalități



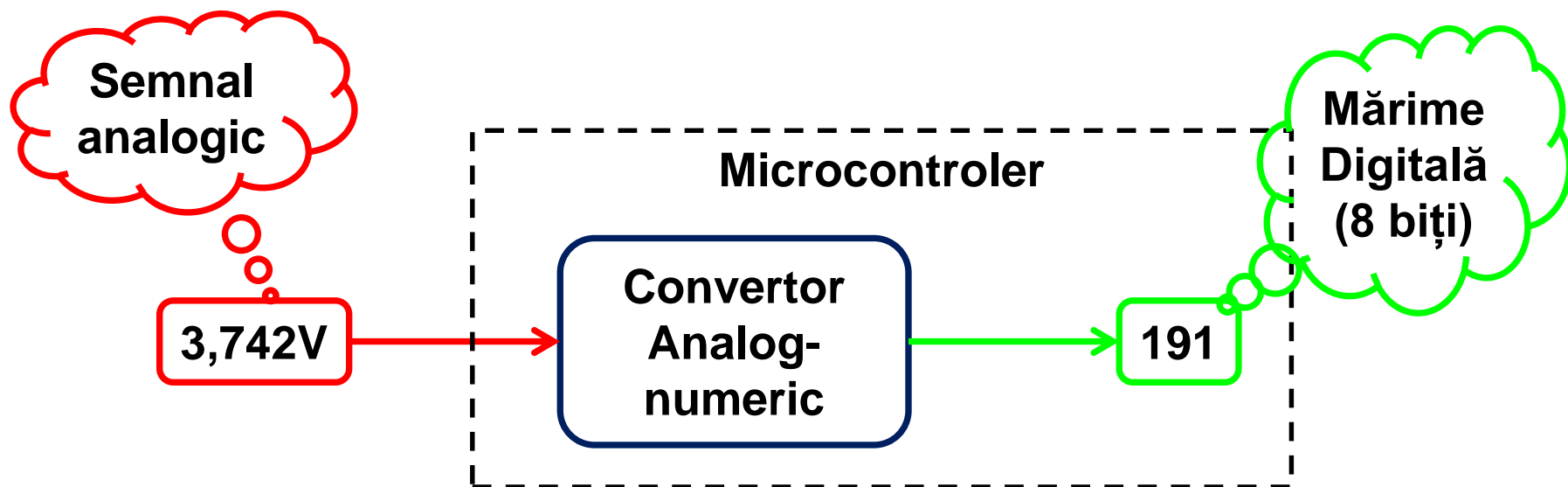
- Este necesară utilizarea unui bloc de conversia analog-numerică (ADC)





# ADC – generalități

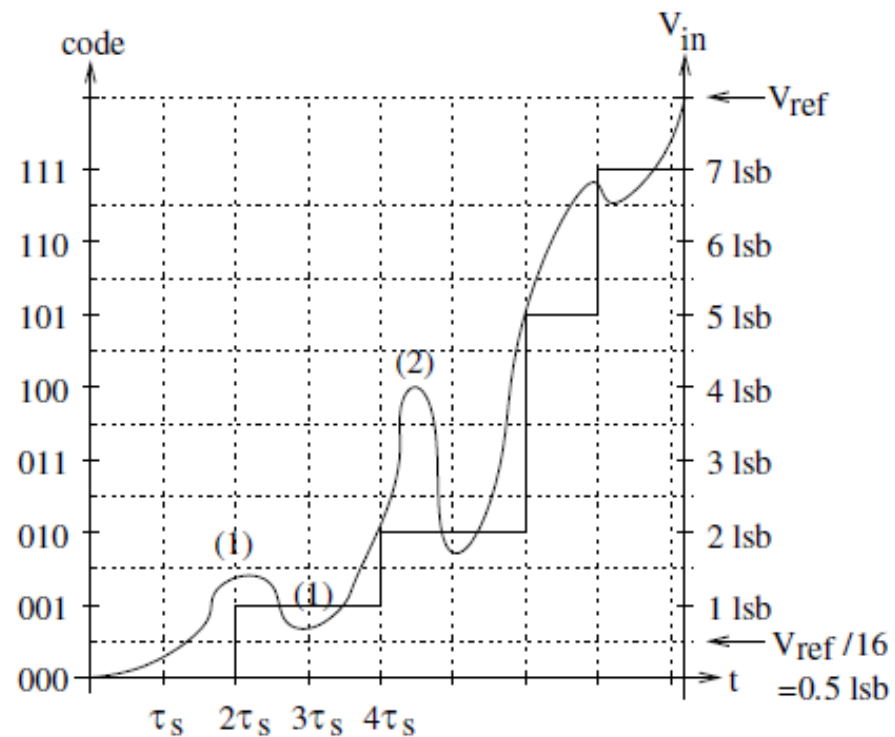
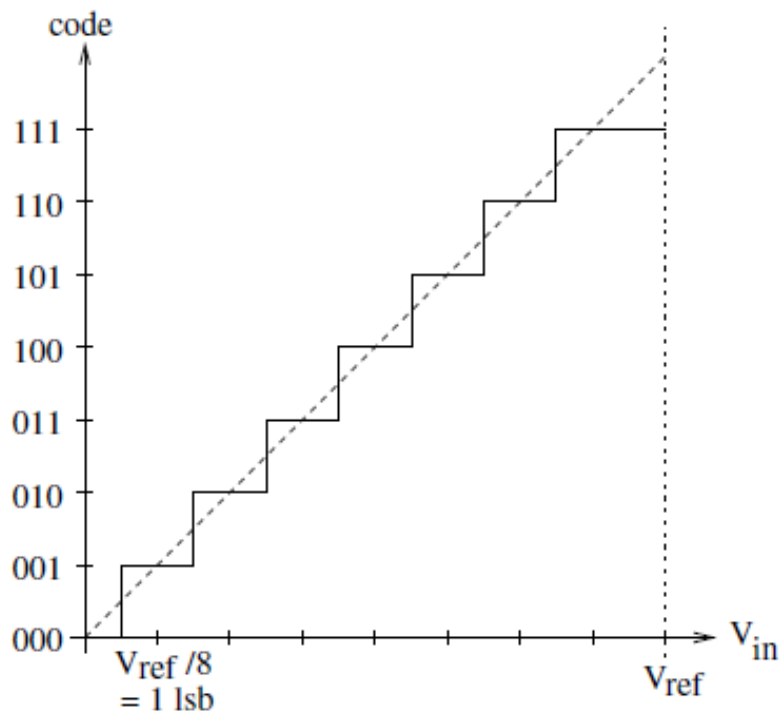
- Un convertor analog-numeric realizează conversia unui anumit nivel de tensiune într-un număr (reprezentare digitală)
  - **Reprezentarea digitală poate fi interpretată de MC**
  - **Reprezentarea se face în general pe 8 sau 10 biți**





# Principiu de funcționare

- Conversie analog numerică:
  - Transformare semnal analogic în digital (3 biți)
  - Erori de conversie (pentru un semnal de intrare)





# Timpul de conversie

- Reprezintă intervalul de timp de la începutul conversiei până când rezultatul conversiei este disponibil
- Frecvența de intrare maximă care poate fi procesată de ADC are în vedere teorema eșantionări lui Shannon (criteriul Nyquist):

$$f_{max} < \frac{f_s}{2} = \frac{1}{2\tau_s}$$

unde,  $f_{max}$  este frecvența maximă de intrare,  $f_s$  reprezintă frecvența de eșantionare iar  $\tau_s$  este perioada de eșantionare minimă.

- Timpul de conversie poate fi scris astfel:

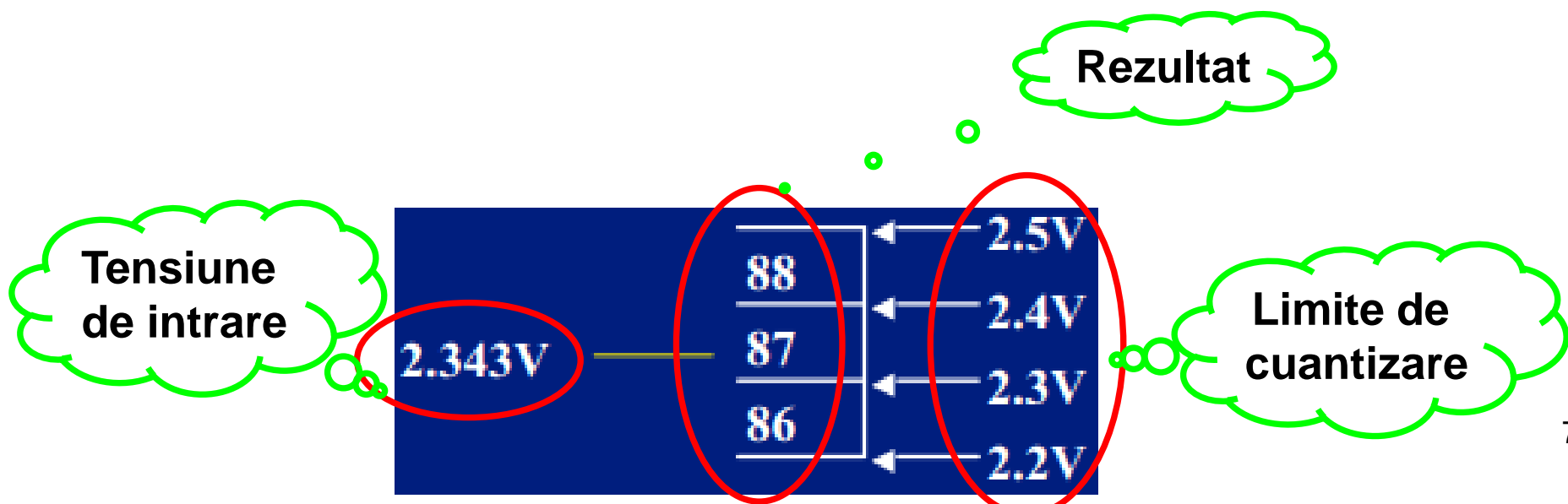
$$t_{conversie} = \tau_{ADC} \cdot r + \alpha \cdot \tau_{sistem}$$

Unde:  $t_{conversie}$  timpul de conversie,  $\tau_{ADC}$  perioada de conversie,  $r$  nr. de biți conversie,  $\alpha$  constantă,  $\tau_{sistem}$  perioada semnal ceas



# Cuantizarea

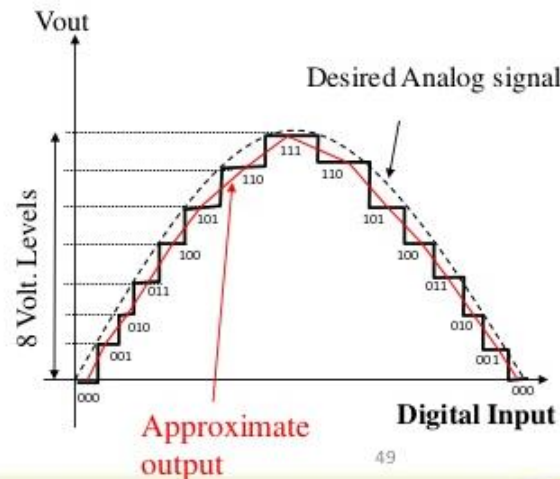
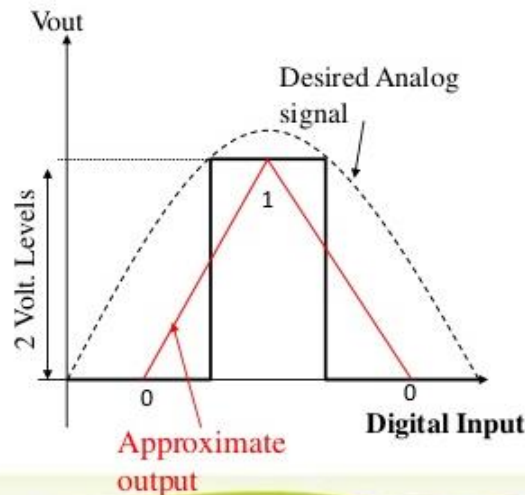
- Semnalul rezultat după conversie este o cuantizare a semnalului analogic de intrare
- Cuantizarea – împărțirea unui interval în subintervale măsurabile
- Intervalul de intrare este împărțit în unități egale (increment fix)
- Introduce eroare de cuantizare: rotunjirea mărimii de intrare





# Rezoluția ADC

- Reprezintă numărul de stări de ieșire posibile
  - $2^r$  stări posibile,  $r$  numărul de biți ai convertorului:
    - $r = 8 \rightarrow$  convertorul are  $2^8 = 256$  de stări
    - $r = 10 \rightarrow$  convertorul are  $2^{10} = 1024$  de stări
    - $r = 12 \rightarrow$  convertorul are  $2^{12} = 4096$  de stări
  - Pentru rezoluții mari eroarea de cuantificare este mai mică







# Tensiunea de referință

- Este utilizată în procesul de conversie (intervalul de conversie)
- Este exprimată prin două valori:  $V_{ref-}$  și  $V_{ref+}$
- În general o tensiune  $V_{ref-}$  devine 0 iar  $V_{ref+}$  devine  $2^{r-1}$
- O mărime analogică cu valoarea de  $\alpha V$  este convertită în digital:

$$(2^{r-1}) \cdot \frac{\alpha V}{V_{ref+} - V_{ref-}}$$

- O mărime digitală cu valoarea de  $\alpha$  corespunde unui semnal analogic de intrare:

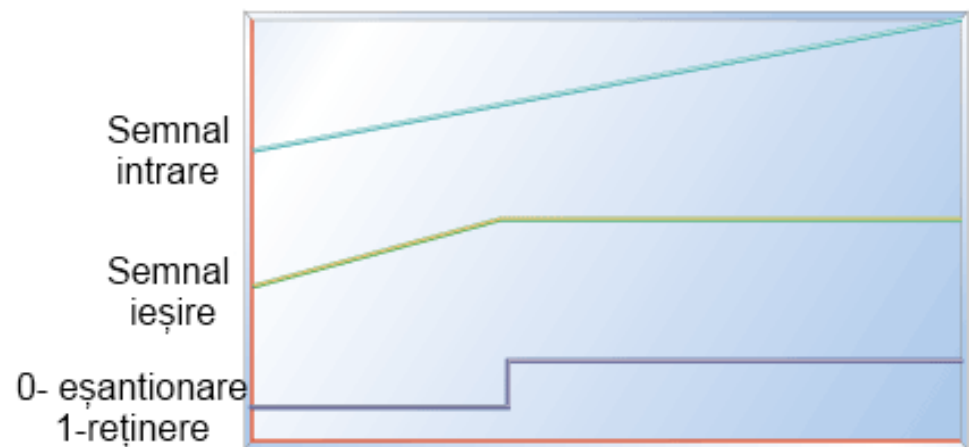
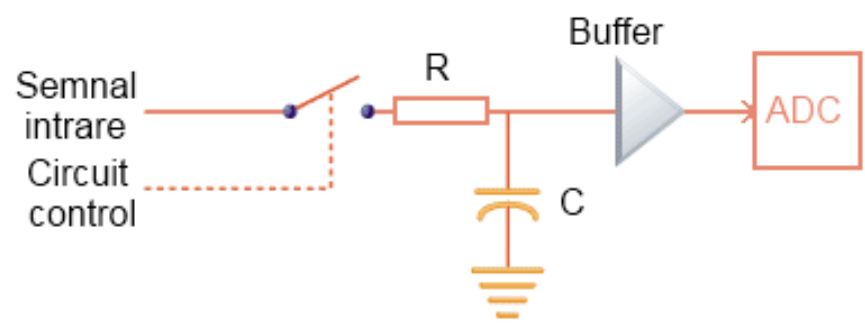
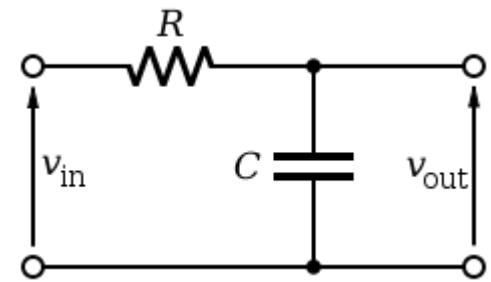
$$\beta V = V_{ref-} + \frac{\alpha \cdot (V_{ref+} - V_{ref-})}{2^{r-1}}$$

- Să se verifice ce tensiune de intrare este dacă  $\alpha = 100$ ,  $r = 10$



# Etapa de eșantionare/reținere

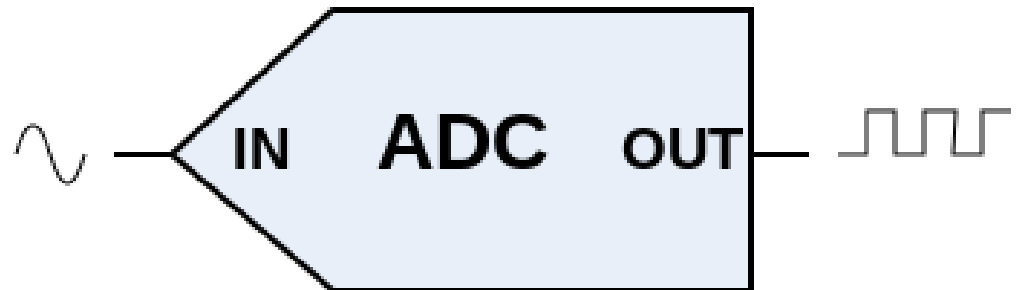
- Utilizată pentru a preveni deteriorarea rezultatului conversiei când apar fluctuații ale semnalului de intrare
  - Se poate realiza cu un filtru trece jos (RC)
  - Se poate utiliza un circuit ca cel de mai jos:
    - Circuitul de control (switch) poate introduce erori





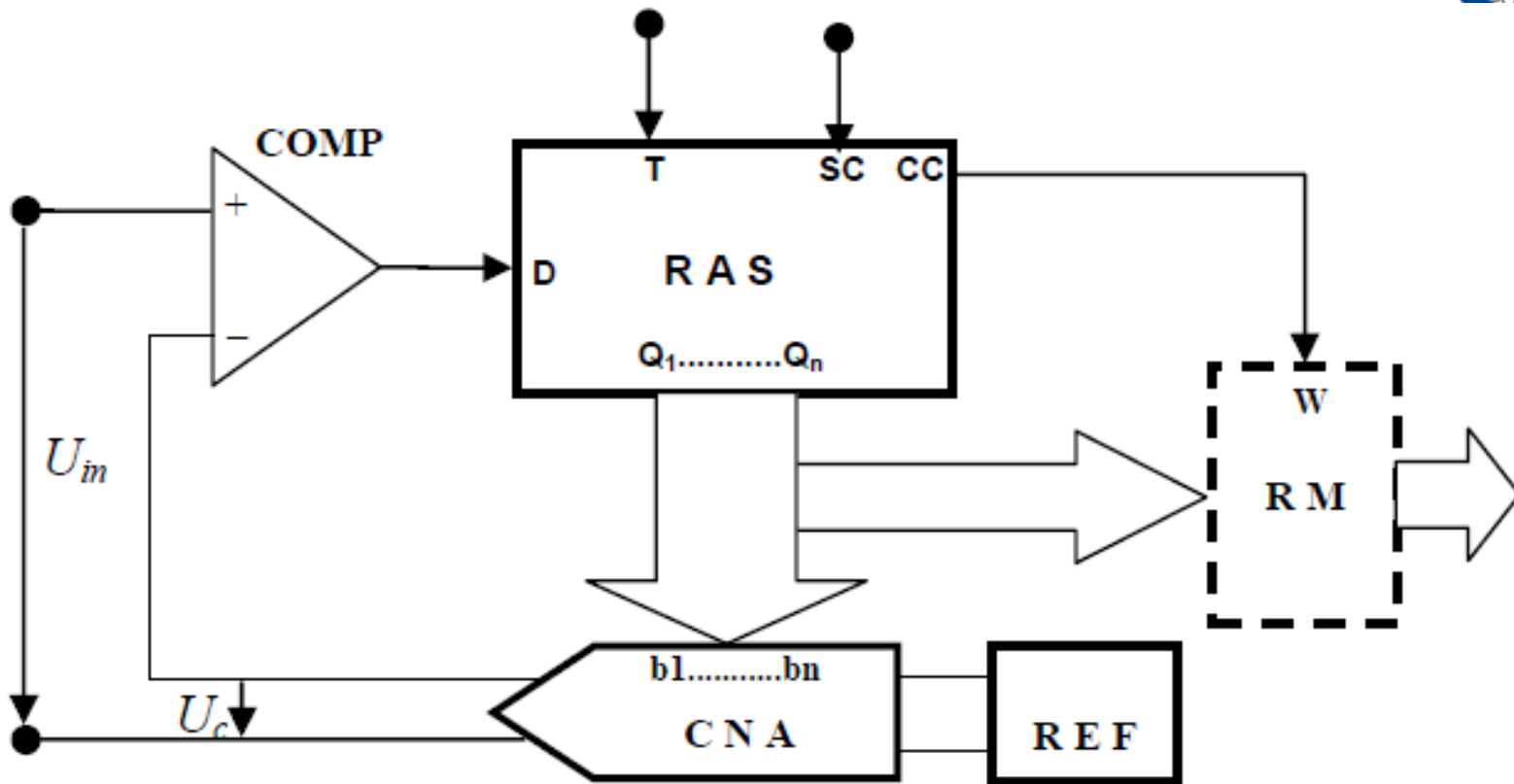
# ADC- modalități de implementare

- Convertoarele AN se pot împărți în două categorii:
  - **Cu buclă de reacție (fără integrare):**
    - Cu aproximări succesive
    - Cu rampă în trepte
  - **Fără buclă de reacție**
    - Cu rampă liniară
    - Paralel
    - Serie





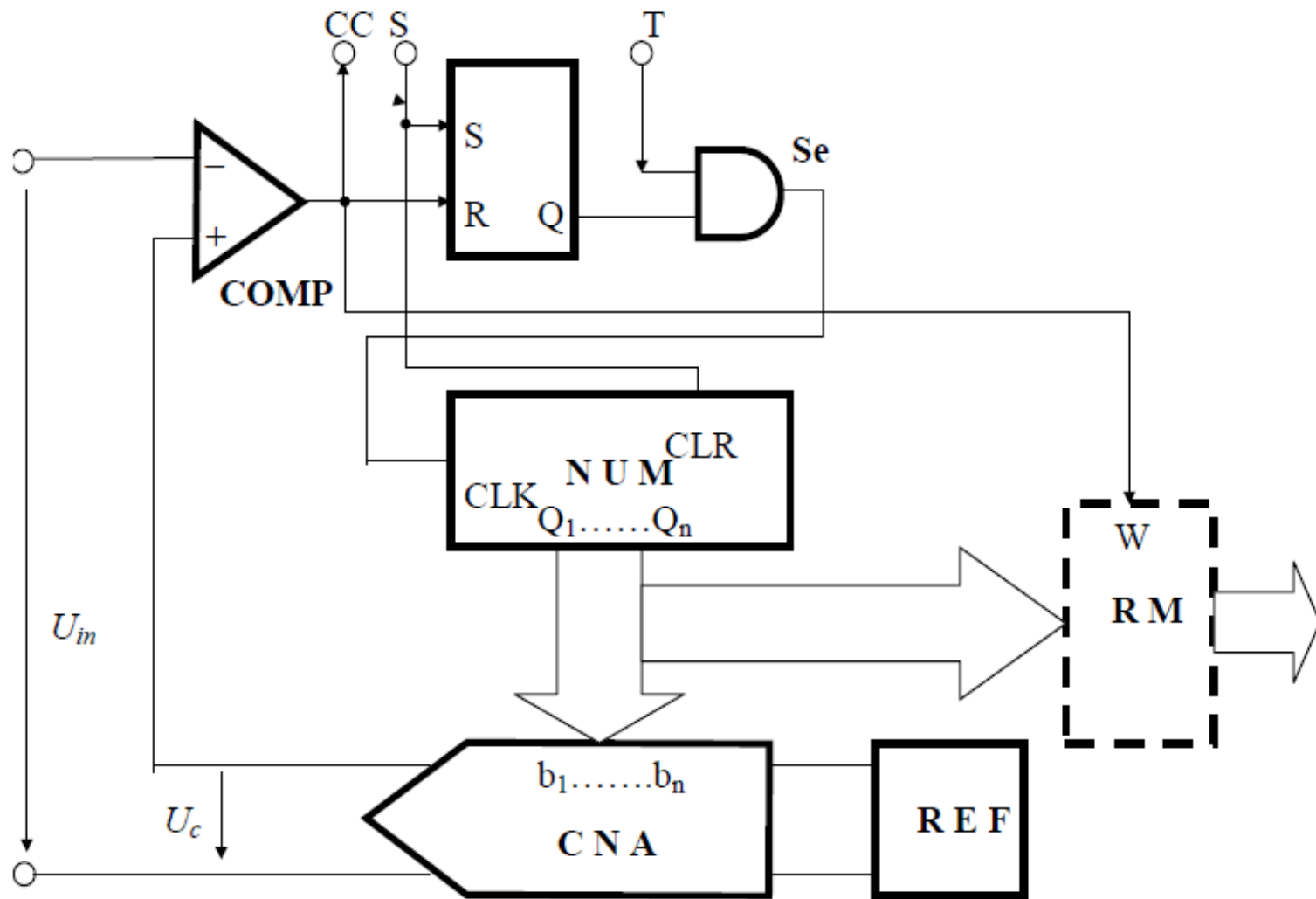
# ADC cu aproximări succesive



- RAS – registru comparații succesive
- COMP – comparator
- CNA – convertor analog numeric
- RM – registru memorie
- REF – referință ADC



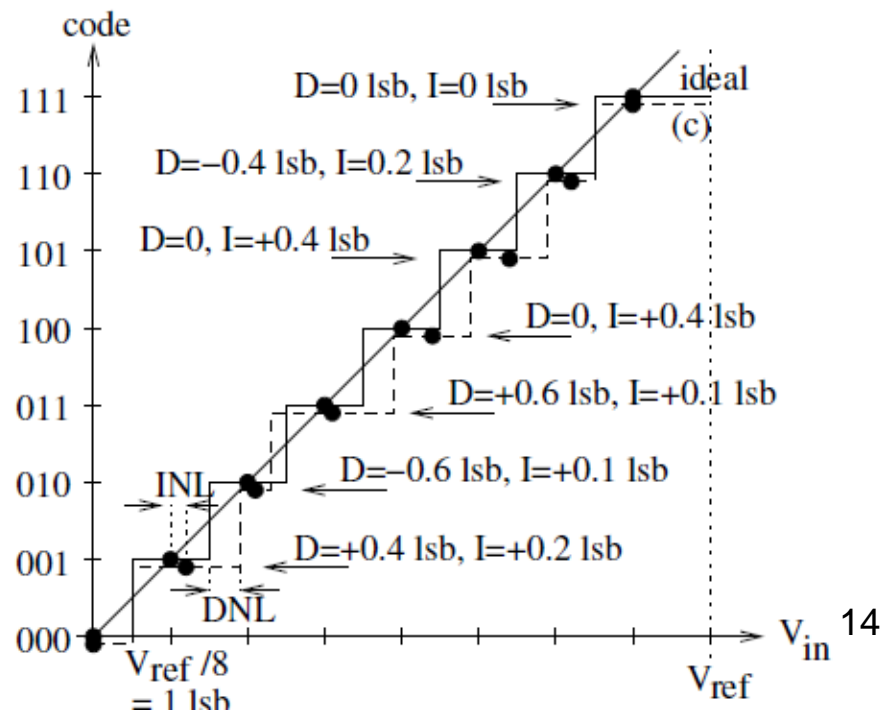
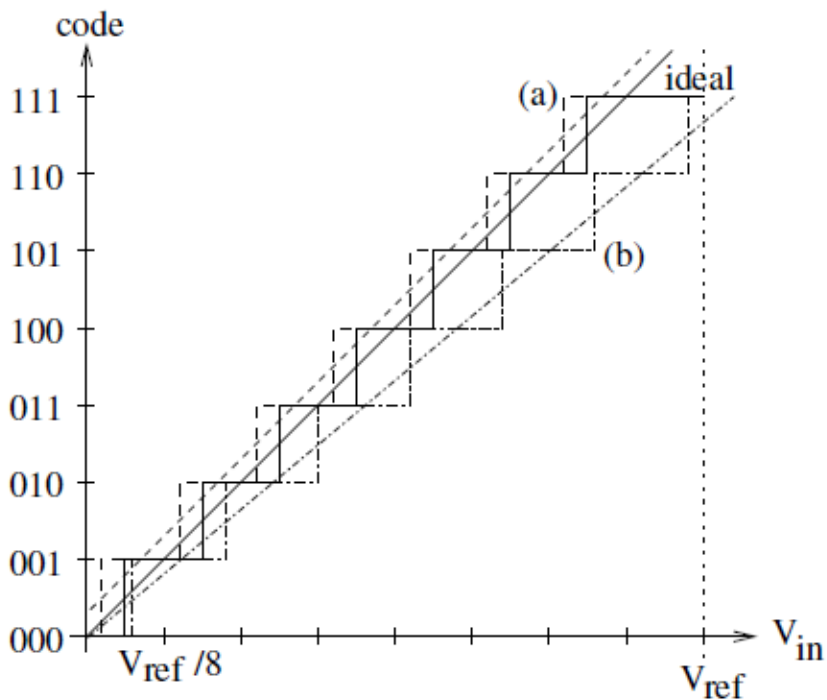
# ADC cu rampă în trepte





# ADC – Erori

- Erorile care pot apărea într-un ADC sunt:
  - Erori de compensare (offset) (a)
  - Erori de amplificare (b)
  - Erori DNL/IDNL (*Differential(Integral) Non-Linearity*) (c)



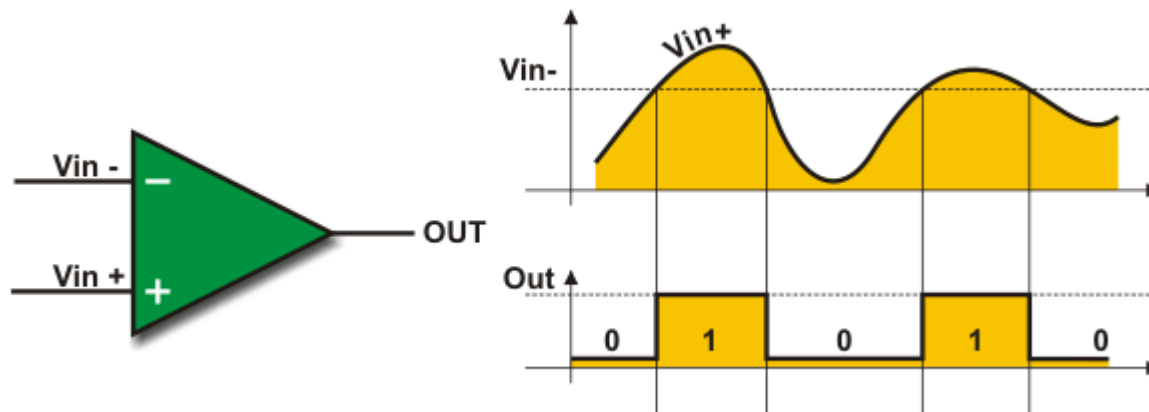


# Comparator

- Utilizat pentru a realiza compararea a două semnale sau un semnal și o mărime de referință
- Este alcătuit din 2 intrări analogice și o ieșire digitală

$$\begin{cases} V_1 > V_2 \text{ atunci } Out = 1 \\ V_1 \leq V_2 \text{ atunci } Out = 0 \end{cases}$$

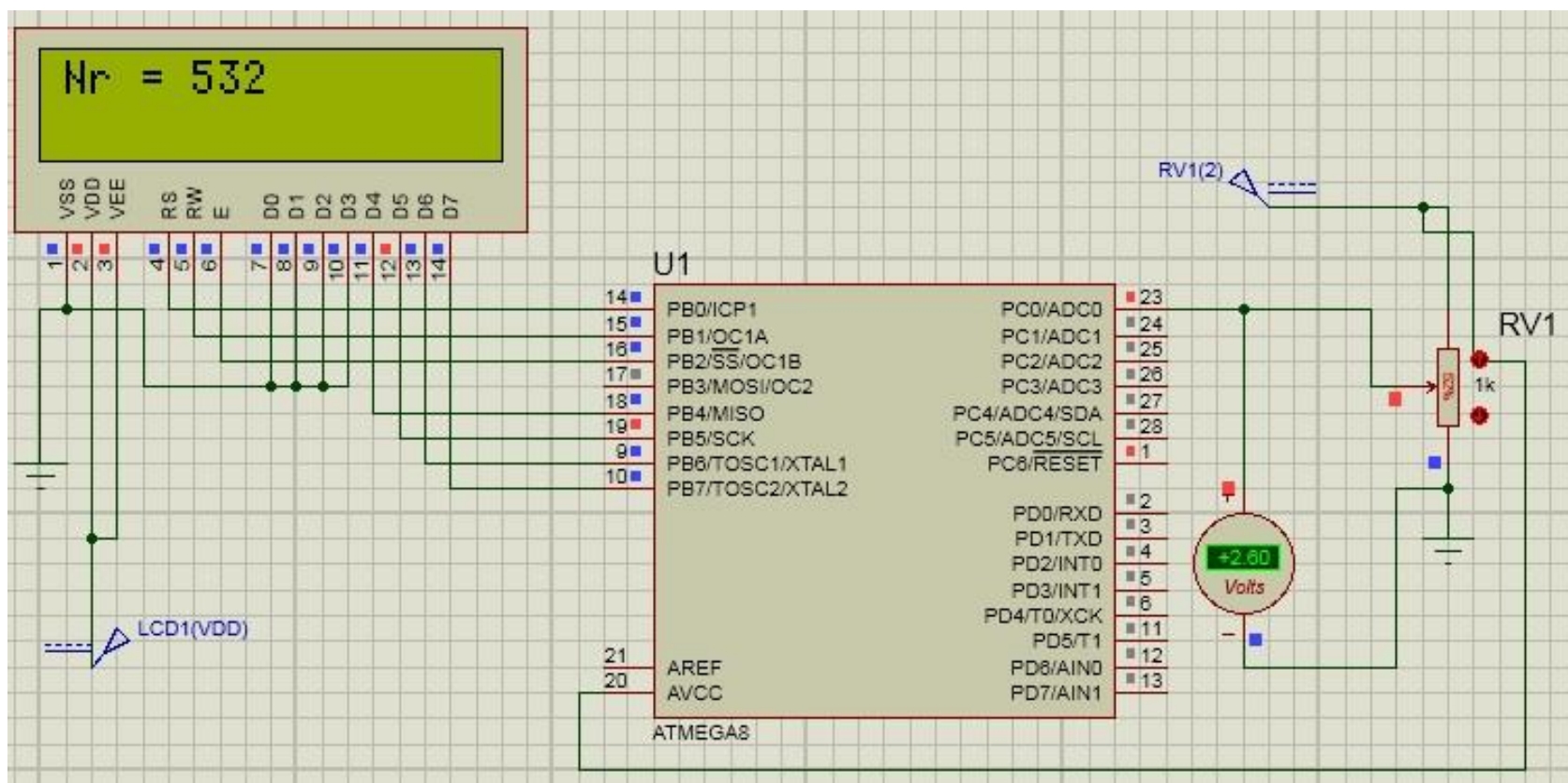
- Semnalele de intrare: externe sau generate intern
- Poate exista o întrerupere care marchează modificarea ieșirii





# Aplicație - ADC

- Exemplu de utilizare a unei ADC pentru citirea unei tensiuni
  - **Cerință: să se implementeze un program care să evidențieze modificarea tensiunii de intrare pe un pin al MC**







# Aplicație - ADC

## ▪ Setare tensiune referință

```
// Tensiunea de referință: AVcc pin
#define ADC_VREF_TYPE ((0<<REFS1) | (1<<REFS0) | (0<<ADLAR))
```

## ▪ Definire funcție citire rezultat ADC

```
// Citire rezultat conversie ADC
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input){
ADMUX=adc_input | ADC_VREF_TYPE;
// Delay necesar pentru stabilizarea tensiunii de intrare în ADC
delay_us(10);
// Start conversie ADC
ADCSRA|=(1<<ADSC);
// Așteptare finalizare conversie
while ((ADCSRA & (1<<ADIF))==0);
ADCSRA|=(1<<ADIF);
return ADCW;}

```



**Contact:**

**Email:** [tiberiu.cocias@unitbv.ro](mailto:tiberiu.cocias@unitbv.ro)

**Web:** [http://rovislab.com/course\\_introduction\\_to\\_microcontrollers.html](http://rovislab.com/course_introduction_to_microcontrollers.html)